

Ⅵ－３ 軟弱地盤における制動時の OR タイヤに及ぼすタイヤ空気圧の影響

愛媛大学工学部 正会員 ○ Tran Dang Thai
 愛媛大学工学部 フェロー 室達朗
 愛媛大学大学院 学生会員 中 俊二

1. 目的： 研究の目的は、軟弱地盤におけるの OR タイヤの制動走行特性に及ぼす空気圧の影響を把握することである。空気圧 700 KPa (基準空気圧)、550 KPa、350 kPa の大型 OR タイヤの軟弱地盤上での走行特性を様々なスリップ率において検討し、軟弱地盤上での制動走行する場合に低空気圧適用の利害を地盤沈下量と有効制動トルクの視点から考察する。

2. 研究方法： 研究は、実際の大型 OR タイヤに対して、シミュレーション解析と実験を行う。

2.1 シミュレーション： タイヤは、地盤と接触していない部分は元のタイヤ形状を保持し、地盤と接触している部分は直径 D' の円曲線であると仮定する。シミュレーション解析は、支配連続式の未知数となった沈下量 Z 、リバウンド量 f_0 、接触部の直径 D' を解くことである。支配連続式の一つ目の方程式はタイヤたわみ量 f 、タイヤ直径 D 、接触部分の円曲線の直径 D' および剛盤上でのタイヤたわみ量 f_k 間の関係^{1), 2)}であり、二つ目の方程式は鉛直方向の力の釣り合い式、三番目はタイヤの離脱点の接地圧を表す式である。タイヤに作用する諸力とモーメントは、既知になった三つの未知数から算出ことができる。

2.2.実験： 1000×900×2200 mm

の鋼製土層に供試砂を充填し、エアシリンダーを用いて供試タイヤに軸荷重をかけて、タイヤを転動かさせ、土槽を移動させることにより、実際の制動運動を再現して、各運動時の沈下量、たわみ量、有効制動力、有効制動トルクを測定する。実験条件として軸荷重 $W=4.0\text{kN}$ 、タイヤ空気圧 p を 350, 550, 700 kPa の 3

タイヤ自重 (kN)	タイヤ幅 (m)	タイヤ直径 (m)	空気圧 (kPa)		
40.0	0.296	1.055	350, 550, 700		
k_1 (kN/m ⁿ¹⁺²)	n_1	k_2 (kN/cm ⁿ²⁺²)		n_2	
11750	1.290	421.371		0.2	
m_c (pa)	m_f	a (1/m)	$\alpha(m^{1+2c1\cdot c2}/N^{c1})$	c_1	c_2
0	0.5	50	0.000127	0.6	0.7

表 1 タイヤ諸元と地盤－タイヤ定数

通り、スリップ率 i を－9, －17, －23, －28, －33, －40 % の 6 通りについて、制動状態 18 通りの走行実験を行った。供試地盤には、まさ土を使用した。気乾燥状態で土粒子比重 2.66, 最大乾燥密度 1.88 g/cm³, 最適含水比 12.8 % である。表 1 はタイヤ諸元と地盤－タイヤ定数をまとめて示す。

3.結果と考察： タイヤの各空気圧における沈下量、たわみ量、有効制動力、有効制動トルクの計算値と測定値を図 1～4 に示す。

図 1 に各空気圧における沈下量 Z とスリップ率 i の関係を示す。シミュレーション結及び実験結果ともにタイヤの空気圧 p が減少するとすべてのスリップ率において沈下量 Z は減少している。シミュレーション結果では、空気圧が 700 kPa から 350 kPa まで減少するとスリップ率が－50 %～－7 % 範囲で沈下量は平均で約 18 % 減少することが明らかに成った。

図 2 に各空気圧においてのたわみ量 f とスリップ率 i の関係を示す。タイヤの空気圧 p が減少するとたわみ量 f は増加する。実験結果と比較してみると $p=350\text{kPa}$ においてはよく一致している。実験では、エアシリンダーを用いて供試タイヤに軸荷重をかけるから軸荷重が多少変化しているので、 $p=500\text{KPa}$ と $p=700\text{KPa}$ において実験結果と比較してよく一致していないが、定性的に一致している。

図 3 に各空気圧において有効制動力 T_4 とスリップ率 i の関係を示す。タイヤの空気圧 p が減少すると有効制

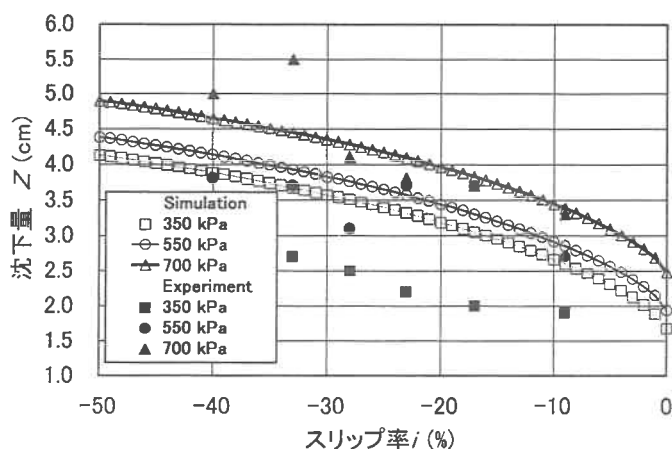


図1 沈下量 Z とスリップ率 i の関係

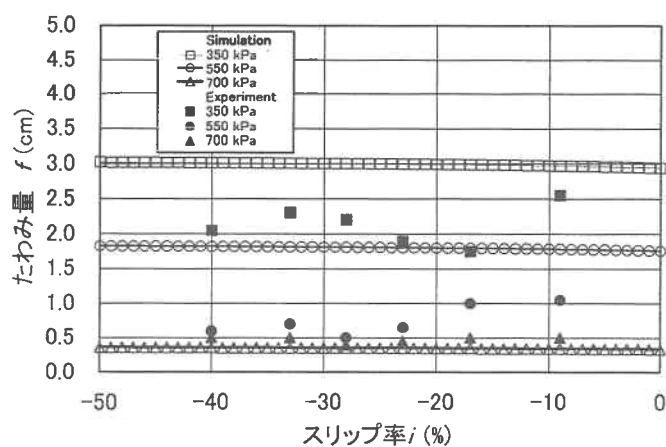


図2 たわみ量 f とスリップ率 i の関係

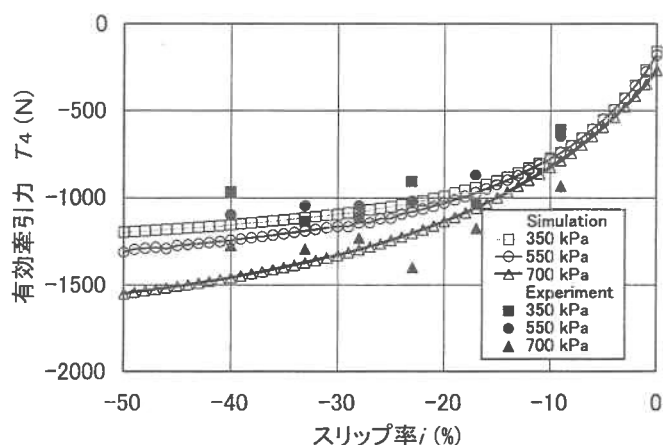


図3 有効牽引力 T_4 とスリップ率 i の関係

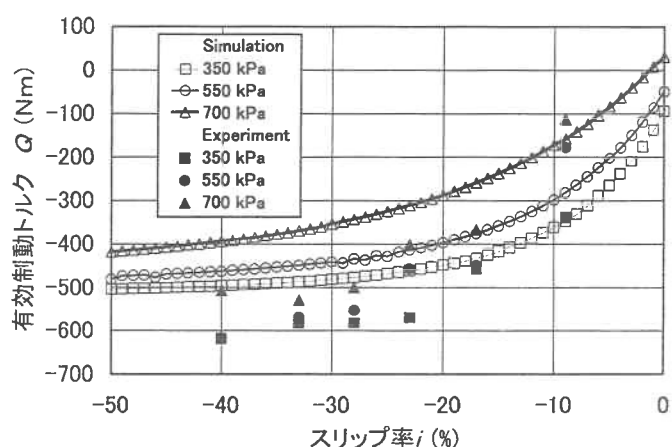


図4 有効制動トルク Q とスリップ率 i の関係

動力 $|T_4|$ は減少している。実験結果とシミュレーション結果を比較してみると、いずれの場合も定性的によく一致している。

図4に各空気圧における有効制動トルク Q とスリップ率 i の関係を示す。タイヤの空気圧 p が減少すると有効制動トルク $|Q|$ は増加している。実験結果とシミュレーション結果を比較してみると定性的に一致している。図1、図2、図3からみると空気圧が低いほど地盤に優しくて、沈下量が減少しているが、有効制動力 $|T_4|$ の減少があっても有効トルクは $|Q|$ 著しく増加する。シミュレーション結果では、空気圧が700 kPaから350 kPaまで減少するとスリップ率が-50%~-7%範囲で有効トルクは $|Q|$ は平均で約50%増加することが明らかに成った。すなわち、軟弱地盤上での制動走行の場合、沈下量を減らすためのタイヤ空気圧低下を適用する時エネルギー視点からもう良く考えなければ成らない。

4. 結論：軟弱地盤における制動時のORタイヤに及ぼす空気圧の影響を把握するためシミュレーション手法を開発し、実際のORタイヤを用いて実験を行った。シミュレーションと実験結果はお互いにかなり良く一致して、空気圧が低いほど地盤に優しくて、沈下量が減少しているが、有効制動力 $|T_4|$ の減少があっても有効制動トルク $|Q|$ は著しく増加することを示した。

参考文献

- 1) I. C. Schmid, Inflation pressure control to improve terrain-trafficability, a model for simulation, Proc. of the 11th International Conference of the International Society for Terrain-vehicle systems, pp. 64-75, 1993.
- 2) D.J Schuring, S. Futamura, Rolling loss of pneumatic highway tires in the eighties, Rubber chemistry and Technology, Vol. 63, No. 3, 1990.